بررسی تأثیر ساینده‌گی بر قابلیت حفاری سنگ‌ها

محمد عطایی[1]* و سید هادی حسینی[1]

[1] دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده مهندسی معدن،نفت و ژئوفیزیک، شاهرود، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۱۲/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۷/۲۱

چکیده

ساینده‌گی به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در قابلیت حفاری سنگ‌ها، سرعت حفاری در معادن را به شدت تحت‌تأثیر خود قرار می‌دهد. تا کنون چهار روش شناخته شده برای ارزیابی ساینده‌گی سنگ‌ها ارائه شده است که از جمله آنها می‌توان به روش شاخص ساینده‌گی سنگ (RAI)، اندیس سایش سورشار (CAI)، فاکتور سایش شیمازک (F-abrasivity) و اندیس سایش سرمته (BWI) اشاره کرد. در این مقاله، ساینده‌گی شش نوع سنگ معدن با استفاده از فاکتور سایش شیمازک و شاخص ساینده‌گی سنگ مطالعه شده است. برای این منظور با استفاده از مقاطع نازک، میزان کوارتز محتوی و میانگین اندازه دانه‌ها محاسبه شده است. همچنین میزان مقاومت فشاری و کششی (آزمون برزیلی) سنگ‌ها در آزمایشگاه تعیین شده است. برای تعیین قابلیت حفاری سنگ‌ها، کلیه نمونه‌های سنگی با استفاده از دستگاه حفاری ضربه‌ای- دورانی چکش بالا مورد حفاری قرار گرفته و سرعت حفاری در آنها ثبت شده است. نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده، نشان می‌دهد با افزایش میزان فاکتور سایش شیمازک سرعت حفاری به صورت لگاریتمی و با افزایش میزان شاخص ساینده‌گی سنگ سرعت حفاری به صورت نمایی کاهش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: حفاری، ساینده‌گی، فاکتور سایش شیمازک.

***نویسنده مسئول:** محمد عطایی

۱- مقدمه

در بحث پیرامون تأثیر ویژگی‌های ماده و توده سنگ بر قابلیت حفاری، متخصصان بسیاری با استفاده از پارامترهای مختلف رفتار سنگ‌ها را تشریح کرده‌اند. تاکنون متخصصان متعددی نقش و تأثیر پارامترهای فیزیکی، مکانیکی و ساختاری توده سنگ را تشریح کرده و رابطه هر یک از این پارامترها را با سرعت حفاری مورد مطالعه قرار داده‌اند (Akun & Karpuz, 2005; Ersoy & Waller, 1995a;. Ersoy & Waller, 1995b; Hoseinie et al., 2006; Hoseinie et al., 2007; Hoseinie et al., 2008 ; Jimeno et al.,1995; Jung et al., 1994 ; Kahraman, 1999; Li et al., 2000; Serradj, 1996; Singh, 1990; Thuro,1997; Singh et al., 1998; Kaiser & McCreath 1994; Kahraman et al.,2000; Wilbur & Lyman,1982; Tanaino, 2005; Singh et al., 2006; Wijk, 1991). از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر سرعت حفاری می‌توان به زایش و منشأ تشکیل سنگ‌ها، سختی سنگ، بافت سنگ (شکل و اندازه دانه‌های سنگ)، تخلخل، چگالی، ساینده‌گی، الاستیسیته و پلاستیسیته، مقاومت فشاری تک‌محوری سنگ (UCS) (اندیس بار نقطه‌ای و چکش اشمیت)، مقاومت کششی، سفتی سنگ، RQD و ویژگی‌های توده سنگ (درزه، شکاف و لایه‌بندی) اشاره کرد (Hoseinie et al., 2008).

از میان ویژگی‌های ماده سنگ، مقاومت فشاری، ساینده‌گی و سختی از اهمیت بیشتری نسبت به سایر پارامترها برخوردارند. با توجه به کاربرد وسیع مقاومت فشاری در مهندسی سنگ و نیز اهمیت اطلاعات به دست آمده در مورد یک سنگ توسط این شاخص، در مهندسی حفاری نیز مطالعات گسترده‌ای در مورد تأثیر مقاومت بر سرعت و قابلیت حفاری انجام یافته است. تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش مقاومت فشاری، قابلیت حفاری سنگ‌ها کاهش می‌یابد. چگونگی کاهش و رابطه ریاضی پیشنهادی بین مقاومت فشاری و سرعت حفاری بسته به نوع سیستم حفاری و نیز نوع سرمته به کار برده شده در تحقیقات مختلف، متفاوت بوده است.

سختی به عنوان یک ویژگی فیزیکی مهم، نقش بسیار زیادی در سرعت حفاری دارد. تا کنون در بیشتر منابع حفاری، سختی سنگ مورد تأکید بوده است. با این حال متأسفانه تحقیقات جامع و کاملی در مورد ارتباط سختی و سرعت حفاری انجام نشده و رابطه ریاضی مطلوبی بین این دو کمیت ارائه نشده است.

در عملیات حفاری، به خاصیتی از سنگ که موجب از بین رفتن انواع سرمته‌ها (از جنس فولاد، کربور تنگستن و یا الماس) می‌شود، ساینده‌گی گفته می‌شود (اصانلو، ۱۳۷۵). ساینده‌گی سنگ‌ها عموما" به میزان کوارتز محتوی، اندازه و شکل دانه‌ها و مقاومت کششی سنگ بستگی دارد(Ersoy & Waller, 1995a). میزان ساینده‌گی سنگ یک پارامتر بسیار مهم و تعیین‌کننده در انتخاب نوع سیستم حفاری، نوع و هندسه سرمته است. لذا شناخت صحیح و واقعی این ویژگی کمک شایان توجهی به طراحان و برنامه‌ریزان معدن در انتخاب ماشین‌آلات و ارزیابی قابلیت حفاری خواهد کرد. تاکنون روش‌های مختلفی از جمله شاخص ساینده‌گی سنگ (RAI)، فاکتور سایش شیمازک، شاخص سایش سورشار (CAI) و شاخص سایش سرمته (BWI) برای ارزیابی ساینده‌گی سنگ‌ها پیشنهاد شده است. در این نوشتار سعی شده ابتدا با مرور اجمالی روش‌های فوق، کاربرد روش عامل سایش شیمازک و شاخص ساینده‌گی سنگ در ارزیابی سرعت حفاری ضربه‌ای- دورانی با سرمته تیغه‌ای مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد.

۲- روش‌های ارزیابی ساینده‌گی سنگ‌ها

۲-۱. اندیس سایش سرشار(CAI)

آزمایش اندیس سایش سرشار اولین بار از سوی انستیتو معدن‌کاری زغال‌سنگ فرانسه معرفی شد. این اندیس با ساییده‌شدن و خراش نوک تیز یک میله (پین) فلزی بر روی یک سطح سنگی تازه، به‌دست می‌آید(شکل ۱). در این آزمایش پس از محکم کردن نمونه در گیره دستگاه، نوک تیز میله فولادی بر روی سنگ قرار داده شده و دسته دستگاه برای ایجاد یک سانتی‌متر خراش در مدت یک ثانیه کشیده می‌شود. پس از ایجاد خراش قطر سطح ساییده شده بر روی میله فولادی در زیر میکروسکوپ خوانده می‌شود. این میکروسکوپ دارای خط‌کشی مدرج به اندازه هر درجه معادل ۰/۰۰۵۸ میلی‌متر است. پس از ضرب عدد خوانده شده در ۱۰ اندیس سایش سرشار محاسبه می‌شود (علمی اسدزاده و معماریان، ۱۳۸۵).

۲-۲. اندیس سایش سرمته (BWI)

این روش در سال‌های بین ۱۹۶۱-۱۹۵۸ در دانشکده زمین شناسی و مهندسی ذخائر

معدنی دانشگاه NTNU نروژ ارائه شده است.(Jimeno et al., 1995) این شاخص بر مبنای شاخص سرعت حفاری (DRI) و نیز شاخص مقدار سایش (AV) استوار است. شاخص سرعت حفاری (DRI) وابسته به دو کمیت میزان تردی(S_{20}) و نیز به مقدار ارزش J-Siever's است. با در دست بودن دو پارامتر بالا، شاخص سرعت حفاری(DRI) طبق نمودگراف شکل۲ قابل محاسبه است. هر یک از شاخص‌های یاد شده با استفاده از آزمایش‌های استاندارد قابل اندازه‌گیری و محاسبه است. در پایان، با معلوم بودن شاخص سرعت حفاری (DRI) و نیز شاخص مقدار سایش (AV) با استفاده از نمودگراف شکل۲ می‌توان اندیس سایش سرمته را محاسبه کرد.

۲-۳. فاکتور سایش شیمازک(F—abrasivity)

این شاخص در سال ۱۹۷۰ توسط شیمازک و ناتز (Knatz) ارائه شده است. رابطه کلی این شاخص به صورت رابطه ۱ است (Ersoy & Waller, 1995a).

رابطه۱
$$F = \frac{(EqQtz \times \phi \times BTS)}{100}$$

که در آن، EqQtz نشانگر درصد میزان کوارتز محتوی معادل سنگ، ϕ اندازه دانه‌ها برحسب میلی‌متر و BTS مقاومت کششی غیرمستقیم (آزمون برزیلی) است. اندازه دانه‌ها با استفاده از مقاطع نازک و میانگین‌گیری وزنی اندازه دانه‌ها و مقدار مقاومت کششی غیرمستقیم از طریق آزمایش تعیین می‌شود. در میان پارامترهای بالا میزان درصد کوارتز محتوی یکی از حساس‌ترین و پرکاربردترین پارامترهای مربوط به ساینِدگی سنگ‌ها است. این شاخص بر این مبنا استوار است که هر کانی با توجه به سختی مقیاس موهس چه درصدی از ساینِدگی ناشی از کوارتز را ایجاد می‌کند. رابطه کلی برای تعیین EqQtz به صورت رابطه ۲ است:

رابطه ۲
$$EqQtz = \sum_{i=1}^{n} A_i R_i$$

که در آن، A نشانگر درصد کانی‌ها، R ساینِدگی رزیوال (Rosiwal) و n تعداد کانی‌ها است. میزان ساینِدگی رزیوال سنگ با استفاده از سختی موهس و طبق رابطه نشان داده‌شده در شکل ۳ قابل محاسبه است.

چنانچه از این شکل بر می‌آید، میزان EqQtz برای کانی کوارتز ۱۰۰% بوده و با کاهش میزان کوارتز و یا سختی دیگر کانی‌های سنگ، میزان ساینِدگی سنگ به صورت لگاریتمی کاهش می‌یابد.

۲-۴. شاخص سایش سنگ (RAI)

این شاخص توسط Plinninger et al. (2002) در کشور آلمان ارائه شده است. رابطه کلی این شاخص به صورت RAI = EqQtz x UCS است. که در آن، EqQtz نشانگر درصد میزان کوارتز محتوی معادل سنگ و UCS مقاومت فشاری سنگ بر حسب مگاپاسکال است. با توجه به این‌که شاخص شیمازک و شاخص سایش سنگ بر مبنای پارامترهای مهم مؤثر در ساینِدگی سنگ‌ها استوار هستند و همچنین در این شاخص‌ها به شرایط ماکروسکوپی و میکروسکوپی سنگ به صورت همزمان توجه می‌شود، لذا در این نوشتار از شاخص سایش شیمازک و شاخص سایش سنگ برای ارزیابی ساینِدگی سنگ‌ها استفاده شده است.

۳- روش تحقیق

۳-۱. مطالعات آزمایشگاهی

در این نوشتار با توجه به شناخت نویسندگان از کیفیت سنگ‌های معادن شمال‌باختر کشور، به منظور انجام مطالعات آزمایشگاهی بر روی نمونه‌های سنگی، در مجموع از سنگ‌های موجود در شش معدن نمونه برداری به عمل آمد. در شکل۴ موقعیت مکانی معادن نمونه‌برداری شده بر روی نقشه نشان داده شده است.

در آزمایشگاه ابتدا از هر سنگ دو مقطع نازک در دو جهت عمود بر هم تهیه شده و مورد تفسیر قرار گرفتند. در شکل ۵ تصویر نمونه‌هایی از مقاطع نازک تهیه شده، نشان داده شده است.

در تفسیر مقاطع نازک درصد کانی‌های تشکیل دهنده سنگ و نیز محدوده ابعادی دانه‌ها به دقت بررسی شد. پس از تعیین درصد کانی‌های موجود و نیز ابعاد دانه هر یک از کانی‌ها در هر سنگ، با استفاده از راهنمای کانی‌شناسی، سختی هر یک از کانی‌ها استخراج شد. برای محاسبه شاخص سایش شیمازک ابتدا با توجه به ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌های مورد مطالعه جدول۱ و با استفاده از شکل ۳ و فرمول ۲ میزان کوارتز محتوی معادل سنگ محاسبه شد. سپس با استفاده از فرمول۱ شاخص سایش شیمازک هر سنگ تعیین شد. همچنین مقاومت فشاری و کششی (آزمون برزیلی) نمونه‌ها طبق استاندارد در آزمایشگاه تعیین شدند. همچنین با استفاده از نتایج حاصل از آزمایش‌های یاد شده، میزان شاخص سایش سنگ برای هر سنگ محاسبه و معلوم شد. جدول۲ نتایج آزمایش‌های مکانیک سنگی و مقادیر شاخص سایش شیمازک و شاخص سایش محاسبه شده برای هر کدام از سنگ‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۳-۲. آزمایش‌های حفاری

در کنار انجام آزمون‌های آزمایشگاهی، تعدادی نمونه حجیم از سنگ‌های مورد مطالعه برای انجام حفاری به معدن سنگ‌آهک سیمان صوفیان منتقل شدند. در معدن، تمامی نمونه‌ها در یک کانال به ژرفای میانگین ۰/۵ متر و عرض ۰/۸ متر توسط بتن دفن شده و تنها سطح بالایی نمونه‌ها برای انجام حفاری به صورت آزاد باقی گذاشته شد. پس از آماده‌سازی و مراحل تحکیم نمونه‌ها در بتن، کلیه سنگ‌ها توسط دستگاه حفاری ضربه‌ای- دورانی با سرمته تیغه‌ای نو از نوع ضربدری و با قطر سه اینچ حفاری شدند. جنس تیغه‌های سرمته مورد استفاده از نوع کاربید تنگستن بوده و دارای زاویه رأس ۱۱۰ درجه بود. ویژگی‌های عملیاتی دستگاه حفاری مورد استفاده عبارت بودند از؛ فشار هوای فلاشینگ ۴/۵ بار (bar)، بار پشت مته ۳۸ بار (bar)، دور مته ۶۰ دور بر دقیقه، قدرت دستگاه ۷/۵ اسب بخار و بسامد ضربه وارد به سر میله ۲۰۰۰ دفعه بر دقیقه. کلیه مراحل آزمایش اعم از دفن نمونه‌ها در کانال بتنی و مراحل حفاری، در هوای آفتابی و بدون هیچ‌گونه رطوبت جوی انجام شده است.

در هر نوع از سنگ‌های مورد مطالعه به طور میانگین تعداد پنج چال به ژرفای متوسط ۱۰ سانتی‌متر حفر شد و میانگین زمان حفر این چال‌ها و سرعت حفاری در آن سنگ محاسبه شد. نتایج مطالعات حفاری در جدول ۳ آورده شده است.

۳-۳. بحث و تحلیل ریاضی نتایج مطالعات آزمایشگاهی

پس از انجام مطالعات آزمایشگاهی، حفاری سنگ‌ها و جمع‌آوری نتایج حاصل، با توجه به اعداد ارائه شده در جدول‌های ۲ و ۳، بهترین منحنی بر روی داده‌های به دست آمده از آزمایش‌ها برازش شد. شکل‌های ۶ و ۷ منحنی‌های برازش شده و نیز رابطه ریاضی بین عامل سایش شیمازک و شاخص سایش سنگ را با سرعت حفاری نشان می‌دهند.

چنانچه از منحنی‌ها بر می‌آید، با افزایش میزان ساینِدگی سنگ سرعت حفاری و قابلیت حفاری سنگ‌ها کاهش می‌یابد. با توجه به شیب منحنی شکل۶، به‌طور آشکار دیده می‌شود که شدت تغییرات سرعت حفاری در سنگ‌های با خاصیت ساینِدگی پایین، نسبت به شدت تغییرات در سنگ‌های ساینده بیشتر است. لذا در سنگ‌های با ساینِدگی پایین، تعیین دقیق میزان ساینِدگی از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا طبق نتایج به دست آمده در این نوشتار، نبود دقت در این امر پیش‌بینی میزان ساینِدگی و نیز قابلیت حفاری سنگ‌ها را با خطا مواجه می‌کند. همچنین با توجه به منحنی‌های حاصل معلوم می‌شود که رابطه بین میزان ساینِدگی و سرعت حفاری در سنگ‌های با خاصیت ساینِدگی پایین، به حالت خطی نزدیک‌تر بوده (خطوط بریده) و رفتار منحنی در بخش‌های مربوط به سنگ‌های ساینده به حالت لگاریتمی و نمایی میل می‌کند. با توجه به منحنی شکل ۷ مشخص می‌شود که شاخص سایش سنگ نسبت

به شاخص سایش شیمازک از توانایی بیشتری در پیش‌بینی قابلیت حفاری سنگ‌ها برخوردار بوده و با توجه به شیب کمتر و یکنواخت‌تر منحنی، تأثیر ساینده‌گی را بر قابلیت حفاری سنگ‌ها بهتر نشان می‌دهد.

۴- نتیجه‌گیری

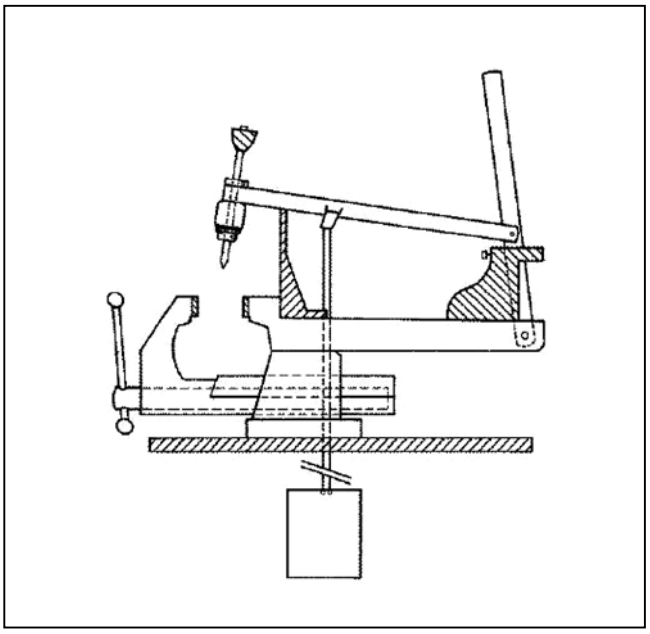
ساینده‌گی به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در قابلیت حفاری سنگ‌ها، سرعت حفاری در معادن را به شدت تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. تاکنون چهار روش شناخته شده برای ارزیابی ساینده‌گی سنگ‌ها ارائه شده است که از جمله آنها می‌توان به روش شاخص ساینده‌گی سنگ، فاکتور سایش شیمازک، اندیس سایش سورشار و اندیس سایش سرمته اشاره کرد. هر یک از این روش‌ها با توجه به مشخصات پارامترهای مورد استفاده، به نحوی میزان ساینده‌گی سنگ‌ها را مورد ارزیابی قرار می‌دهند. در میان پارامترهای یاد شده فاکتور سایش شیمازک و شاخص سایش سنگ به علت وابستگی مستقیم به پارامترهای اساسی مؤثر در ساینده‌گی سنگ‌ها و نیز مبنای میکروسکوپی و ماکروسکوپی آن از مقبولیت بیشتری نسبت به دو روش دیگر برخوردار است.

نتایج این نوشتار نشان می‌دهد که با افزایش میزان فاکتور سایش شیمازک سرعت حفاری و قابلیت حفاری سنگ به صورت لگاریتمی و با افزایش میزان شاخص سایش سنگ سرعت حفاری به صورت نمایی کاهش می‌یابد. همچنین مشخص شد که شدت تغییرات سرعت حفاری در سنگ‌های با خاصیت ساینده‌گی پایین، نسبت به شدت تغییرات سرعت حفاری در سنگ‌های ساینده بیشتر است. لذا پیشنهاد می‌شود در سنگ‌های با ساینده‌گی کم، میزان فاکتور سایش شیمازک به دقت تعیین شده و مطالعات میکروسکوپی به دقت بر روی مقاطع نازک انجام گیرد.

همچنین با توجه به این‌که این مطالعه بر روی ماده سنگ‌های معادن مختلف انجام یافته است، نتایج کسب شده از این نوشتار می‌تواند در معادن با کیفیت توده سنگ خوب (دارای فراوانی درزه کم) به طور مناسبی استفاده نمود. ولی در معادن با درزه‌داری بالا با توجه به کاهش سرعت ناشی از درزه‌داری، منحنی به دست آمده بین ساینده‌گی و سرعت حفاری به سمت پایین انتقال می‌یابد.

۵- سپاسگزاری

ریاست محترم امور معادن کارخانجات سیمان صوفیان جناب آقای مهندس محرم‌پور و جناب آقای دکتر حمید آقابابایی که در طی این نوشتار ما را صمیمانه یاری کردند سپاسگزاریم.



شکل ۱- نمایی از دستگاه سایش سرشار

جدول ۲- نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی سنگ‌های مورد مطالعه

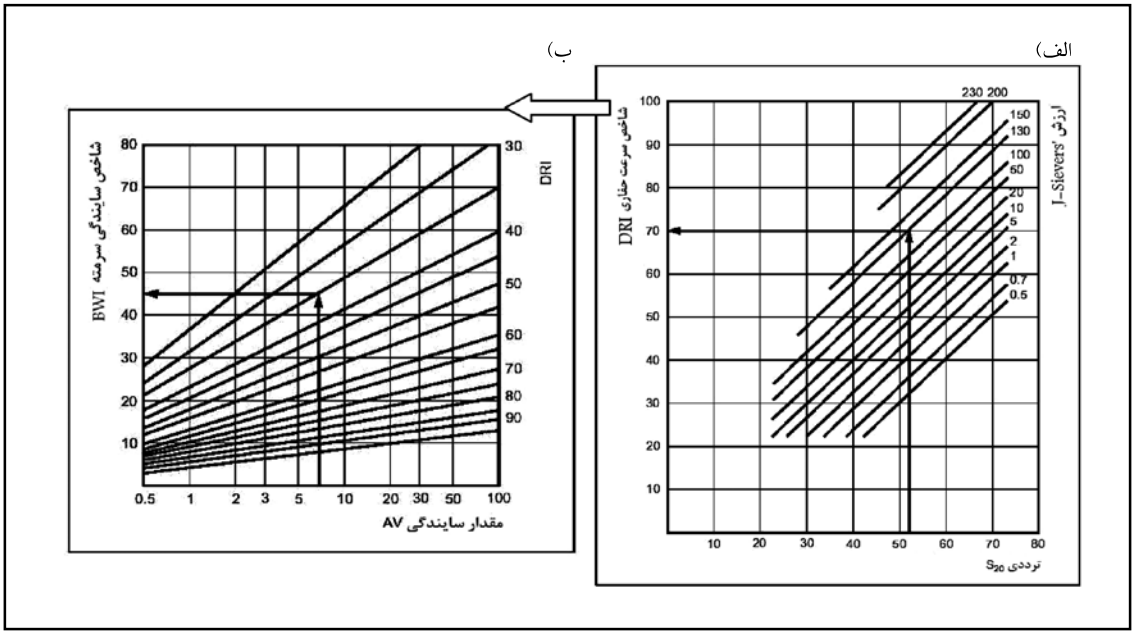
نام سنگ	کوارتز محتوی معادل(%)	متوسط اندازه دانه‌ها (mm)	مقاومت کششی (MPa)	مقاومت فشاری (MPa)	شاخص سایش شیمازک	شاخص سایش سنگ
هورنفلس	۵۲/۸۱۲۴	۱/۱۲	۴/۲۱	۵۷	۱/۱۳۳۹	۳۰۱۰/۳۰۷
مونزونیت	۳۲/۵	۲/۴۵	۵/۳۶	۸۷/۵	۱۱/۴۴۱۵	۲۸۴۳/۷۵
تراورتن قرمز	۳/۸۵۸	۳/۷۷	۱/۴۵	۵۳	۰/۰۶۳	۲۰۴/۴۷۴
ماسه‌سنگ	۷۲/۴۵۹۳	۰/۵۱	۴/۱۸	۱۱۲	۷/۴۲۰۵	۸۱۱۵/۴۴۲
تراورتن کرمی	۱/۹۳۷	۶/۵۷	۲/۴	۵۰/۵	۰/۰۵۹۳	۹۷/۸۱۱۵
نفلین سینیت	۳۷/۵۹	۱/۵	۴/۴۶	۷۶	۶/۳۲۸۸	۲۸۵۶/۸۴

جدول ۱- ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌های مورد مطالعه

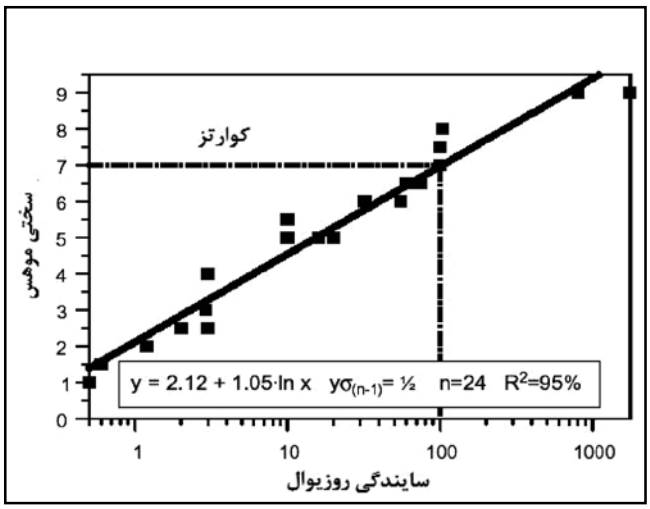
نام سنگ	نام معدن	کانی‌های موجود	فراوانی(%)
هورنفلس	مس سونگون	کوارتز	۵۰
		سرسیت و مسکوویت	۴۰
		اسفن لوکوکسن	۳
		زیرکن	۲
		کانی‌های کدر	۵
مونزونیت	گرانیت مراغه	فلدسپار قلیایی	۴۰
		پلاژیوکلاز	۳۵
		بیوتیت	۱۰
		آمفیبول	۶
		پیروکسن	۲
		کلریت	۴
		کانی‌های کدر	۳
تراورتن	تراورتن قرمز آذرشهر	کلسیت	۸۰
		اکسید آهن	۵
		کانی‌های اپک	۵
		فضای خالی	۱۰
ماسه‌سنگ	سیلیس خواجه مرجان	کوارتز	۶۰
		اورتوکلاز	۱۲
		میکروکلین	۱۳
		مسکوویت	۱
		زیرکن	۱
		آپاتیت	۲
		قطعات سنگی	۱۰
		کانی‌های کدر	۱
تراورتن	تراورتن کرمی خلخال	کلسیت	۸۰
		مواد آلی	۱۰
		فضای خالی	۱۰
نفلین سینیت	نفلین سینیت سراب	ارتوز	۵۵
		پلاژیوکلاز	۱۰
		نفلین	۲۰
		اوژیت	۵
		اولیوین	۳
		آپاتیت	۴
		کانی‌های کدر	۳

جدول ۳- نتایج آزمایش‌های حفاری بر روی سنگ‌های مورد مطالعه

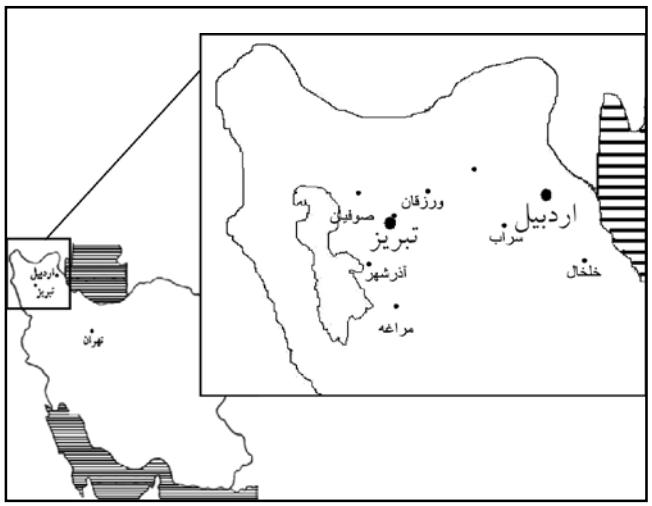
نام نمونه	سرعت حفاری (m/h)
هورنفلس	۳/۱۴۲۸
مونزونیت	۱/۹۱
تراورتن	۴/۸۴۳۵
ماسه‌سنگ	۰/۶۲۷
تراورتن	۳/۴۷۴
نفلین سینیت	۱/۳۰۰۲



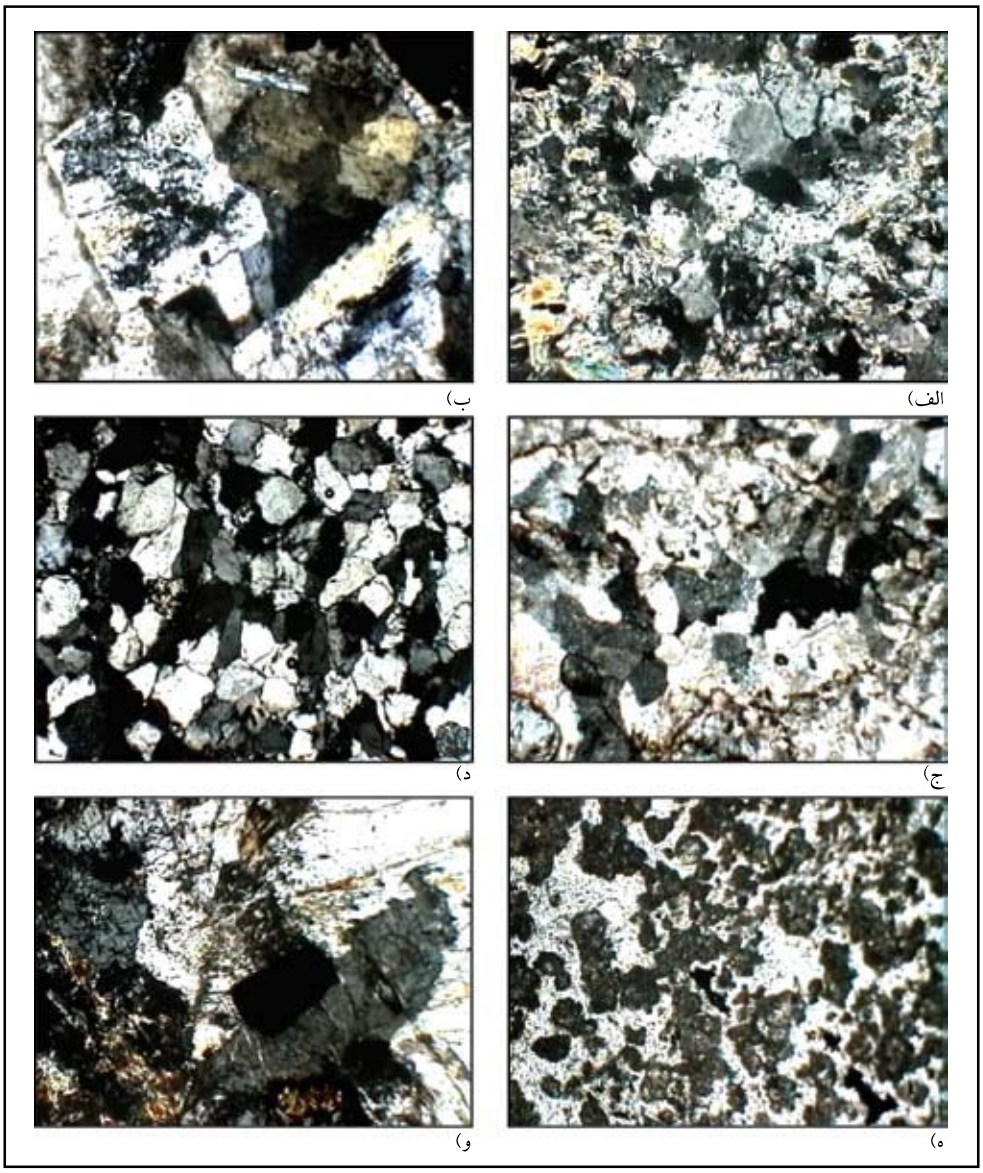
شکل۲- نمو گراف‌های محاسبه الف) شاخص سرعت حفاری (IRD) ب) شاخص سایش سرمته (BWI)



شکل ۳-رابطه تعیین میزان ساینداگی رزیوال سنگ با استفاده از سختی موهس (Thuro, 1997)

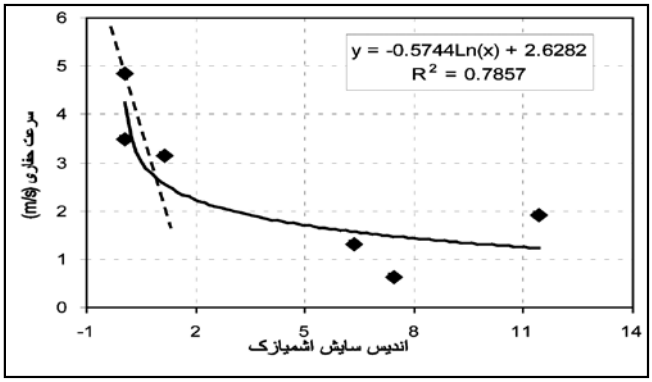


شکل ۴- موقعیت مکانی معادن نمونه‌برداری شده



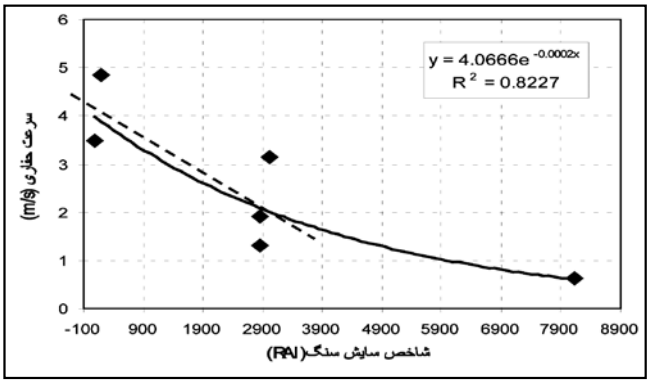
شکل ۵- نمونه‌ای از مقاطع نازک تهیه شده از سنگ‌های مورد مطالعه

الف) هورنفلس، معدن مس سونگون د) ماسه‌سنگ، معدن سیلیس خواجه مرجان ب) مونزونیت، معدن گرانیت اوچ مازی مراغه و) تراورتن، معدن خلخال ج) تراورتن، معدن تراورتن سرخ آذرشهر ه) نفلین سینیت، معدن نفلین سینیت سراب



شکل ۶- رابطه ریاضی بین ضریب سایش شیمازک و سرعت حفاری

---- رابطه خطی در سنگ‌های با ساینده‌گی کم



شکل ۷- رابطه ریاضی بین شاخص سایش سنگ و سرعت حفاری

---- رابطه خطی در سنگ‌های با ساینده‌گی کم

کتابنگاری

اصانلو، م.، ۱۳۷۵- روش‌های حفاری، مرکز نشر صدرا.

علمی اسدزاده، گ.، و معماریان، ح.، ۱۳۸۵- بررسی ارتباط بین سایش و بافت سنگ در نمونه‌هایی از سنگ‌های ساختمانی ایران، نشریه دانشکده فنی، جلد ۴۰، شماره ۱، اردیبهشت.

References

Akun, M. E. & Karpuz, C., 2005- Drillability studies of surface-set diamond drilling in Zonguldak region sandstones from Turkey, International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 42, 473-479.

Bruland, A., 1998- Hard rock tunnel boring-drillability test methods. Department of building and construction engineering, NTUN university, Norway..

Drake, R., 2004-Bench drilling techniques and equipment selection manual, Ingersol-Rand Company.

Ersoy, A. & Waller, M. D., 1995a- Textural characterization of rocks. J. of Engineering Geology, June, VoL. 39, Issues 3-4, 123-136.

Ersoy, A. & Waller, M. D., 1995b- Prediction of drill-bit performance using multi-variable linear regression analysis. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, Section A: Mining Industry, , Vol. 104, May-August, pp. A101-114.

Hoseinie, S. H. & Ataei, M., 2007- A review of machine parameters influencing the drilling rate in mines, 7th International Scientific Conference on Modern Management of Mine Producing and Environmental Protection (SGEM2007), Albena Complex, Bulgaria.

Hoseinie, S. H., Pourrahimian, Y. & Aghababaei, H., 2006- Analyzing and physical modeling of joints dipping effects on penetration rate of rotary drilling in open pit mines, 15th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection (MPES2006)., Torino, Italy. 1007-1013.

Hoseinie, S. H., Aghababaei, H. & Pourrahimian, Y., 2008- Development of a new classification system for assessing of Rock mass Drillability index (RDi), International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 45, 1-10.

Hugh, W. E., 1987- Handbook of Surface Mining, Society of Mining Engineering.

Jimeno, C. L., Jimeno, E. L. & Carcedo, F. J. A., 1995- Drilling and blasting of rocks. A.A Balkema, Pub Rotterdam,

Jung, S. J., Prisbrey, K. & Wu, G., 1994- Prediction of rock hardness and drillability using acoustic emission signatures during indentation. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, Vol. 31, Issue 5, 561-567.

Kahraman, S., 1999- Rotary and percussive drilling prediction using regression analysis. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, , 36: 981-989

Kahraman, S., Balci, C., Yazici, S. & Bilgin, N., 2000- Prediction of the penetration rate of rotary blast hole drilling using a new drillability index. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 37: 729-743.

Kaiser, P. K. & McCreath, D. R., 1994- Rock mechanics considerations for drilled or bored excavations in hard rock. Tunneling and Underground Space Technology, Vol. 9, Issue 4, October, 425-437.

Li, X., Rupert, G., Summers, D. A., Santi, P. & Liu, D., 2000- Analysis of impact hammer rebound to estimate rock drillability, Journal of Rock Mechanics &. Rock Engineering, 33(1), 1-13.

Ozturk, A. C., Nasuf, A. & Bilgin, N., 2004- The assessment of rock cutability and physical and mechanical rock properties from a texture coefficient, Journal of south African Institut of Mining and Metalorgy, August.

Plinninger, R., Spaun, G. & Thuro, K., 2002- Predicting tool wear in drill and blast, Tunnels & Tunnelling International Magazine, April.

Rao, K. U. M. & Misra, B., 1998- Principles of rock drilling, Balkema, Rotterdam..

Serradj, T., 1996- Method of assessment of rock drillability incorporating the Protodyakonov index. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, Section A: Mining Industry, Vol. 105, Septemser-December, A175-A179.

Singh, S. P., 1990- Rock drillability comparison by different methods. In: Proceedings 2nd Int. Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Calgary, 3-4 November, A.A Balkema, Pub Rotterdam,

Singh, S. P., 1998- Ladouceur. M & Rouhi. F. Sources, implication and control of blasthole deviation. 7th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection. A.A Balkema, Pub Rotterdam.

Singh, T. N., Gupta, A. R. & Sain, R., 2006- A comparative analysis of cognitive system for the prediction of drillability of rocks and wear factor. Geotechnical and Geological Engineering, 24: 299-312.

Tanaino, A. S., 2005- Rock classification by drillability. Part 1: Analysis of the available classification. Journal of Mining Science, Vol. 41, No. 6, pp. 541-549.

Thuro, K., 1997- Drillability prediction- geological influences in hard rack drill and blast tunneling. Geol Runsch, 86: 426-438.

Thuro, K., Spaun, G., 1996- Introducing the destruction work as a new rock property of toughness referring to drillability in convetional drill and blast tunneling, Eurock 96, Turin, Italy,.

Wijk, G., 1991- Rotary drilling prediction. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science,Vol. 28, Issue 1, Jan, 35-42.

Wilbur, L., 1982- Rock Tunnel Engineering Handbook. Edited by BickeL and kuesel, Publication of Van Norstrand Reinhold Compan

Investigation of the Influence of Abrasivity on Drillability of Rocks

M. Ataei[1*] & S. H. Hoseini[1]

[1]Shahrood University of Technology, Faculty of Mining Engineering, Petroleum & Geophysics, Shahrood, Iran.

Received: 2008 March 08 Accepted: 2008 October 12

Abstract

Abrasivity, as one of the most important parameters has great influence on drilling rate. Up to now, four known methods such as "Rock Abrasiveness Index (RAI)", "Cerchar Abrasiveness Index (CAI)", "Schimazek's wear factor (F-abrasivity)" and "Bit Wear Index (BWI)" have been developed for evaluating of rock abrasivity. In this paper, abrasivity of six rock types has been studied using Schimazek's wear factor and Rock Abrasiveness Index. For this purpose, equivalent quartz content and the mean size of rock grains have been calculated using thin section of rocks. All types of rocks have been tested view point of compressive and tensile strength (Brazilian test) in laboratory. For evaluating of drillability of rocks, the samples have been drilled using actual percussive-rotary drilling machine. Results reveal that by increasing Schimazek's wear factor, drilling rate decreases logarithmically and by increasing Rock Abrasiveness Index, drilling rate decreases exponentially.

Key words: Drilling, Abrasivity, Schimazek's wear factor.

For Persian Version see pages 137 to 142

*Corresponding author: M. Ataei; E-mail: ataei@shahroodut.ac.ir